

可變樣區調查法與圓形樣區調查法之比較研究

林子玉*

伍木林**

林銘輝***

【提要】

台灣森林資源調查結果(民國61年至66年)較前次超出甚多,其調查方法有探討之必要。兩次所用方法分別為圓形樣區調查法與水平線取樣法。本文探討水平線取樣法、樣點法及樣區法三者之差異。結果歸納如下:(1)三種方法所調查之胸高斷面積差異不顯著,三種方法均可互相取代,唯水平線取樣法調查結果較大。(2)株數、胸徑、坡度均可影響可變樣區法之精確度,選用斷面積指數(BAF)宜先注意林分株數。(3)由效率與經濟觀點,宜採水平線取樣法。(4)測樹稜鏡宜較胸高斷面積測定儀(Relaskop)優先採用於可變樣區調查法。

一、緒 言(Introduction)

台灣第一次森林資源調查(民國43年至45年)之結果與第二次森林資源調查(民國61年至66年)之結果相差甚多,後者超出前者百分之七十以上,致引起衆多議論。

兩次森林資源調查結果發生差異之原因甚多,如航空照片之攝取、照片判釋技術之進步、取樣方法、地面調查方式、調查重點(目標)、調查之精密度、調查時間、調查費用,以及林分本身之變異(更新、生長、枯死等)、材積推算方法、資料之客觀性、與使用儀器之良窳、工作人員之素質等等均是;致欲以何者較屬適當,頗有加以研究比較之必要。

第一次森林資源調查之地面調查方式採用圓形樣區法,第二次者則採用水平線取樣法;圓形樣區法為本省一向慣用,一般多了解及接受其理論與實用;水平線取樣法為本省首次大規模引用,雖曾有諸多論著對其原理及應用倡導使用,惟該法之理論較一般樣區調查法者稍感難解,加以第二次森林資源調查結果超出第一次者甚多,致使人們懷疑可變樣區法在本省應用之可行性。

基於上述理由,針對圓形樣區法及可變樣區法推算立木胸高斷面積之影響因子做一探討分析,亦即在推算立木胸高斷面積上探討:

- (一)圓形樣區法與可變樣區法(含水平線取樣法及水平樣點取樣法)間之調查結果是否有差異?倘有差異,其程度如何?倘無差異,是否有偏高或偏低之現象?且其程度如何?
- (二)三者之精確度何者較佳?其程度上之差異如何?

* 國立中興大學森林研究所教授兼實驗林處長

** 國立中興大學森林學系助教

*** 國立中興大學森林研究所碩士,任職林試所經濟系。

(三)就影響因子，即胸徑、株數及坡度來分析其對三種方法之影響關係。

(四)胸高斷面積指數 (BAF) 之選用，對可變樣區法之影響如何？

(五)由上列分析提出往後調查方法採行上之建議，供為參攷。

本研究工作承本校農學院實驗林管理處補助部份經費，野外調查工作承新化林場、惠蔭林場惠予協助，謹致謝忱。倉促成文，繆誤或所難免，尙祈林業先進多予賜正。

二、供試林分及試驗方法 (Sampling stand & experimental method)

(一)供試林分概況：

1. 台南縣新化鎮口埤里中興大學新化林場：

本林場海拔高低之差不大，最高地點在觀音山 (154 公尺)，種植有柚木、相思樹、龍眼、鐵刀木、麻六甲合歡、竹等。

本林場有面積 0.05 公頃圓形常設樣區 (permanent plot) 計 30 處，抽選 22 個實施調查；各樹種之樣區分佈為：相思樹林分 11 個，柚木林分 7 個，麻六甲合歡者 2 個、鐵刀木者 1 個，及桃花心木者亦 1 個。

新化林場地形雖非急峻，但崎嶇不平，起伏之變化甚大；林下雜草灌木甚密，其高度在 1.3 公尺以上者亦非鮮見，有時影響觀測甚鉅；再者，林木之樹幹畸形者亦不少。

2. 南投縣仁愛鄉眉原中興大學惠蔭林場：

本林場海拔高低之差較大，最高地形在守誠山 (2418.8 公尺)，種植有杉木、柳杉、台灣杉、肖楠、紅檜等。

本林場有常設樣區 10 個，另再抽選 17 個樣區進行調查，而均於杉木林分內實施。

惠蔭林場之地形較陡峻，惟起伏變化不大；林下雜草灌木甚小，且其高度都在 0.5 公尺以下，不影響觀測；再者，杉木之樹幹多為通直圓滿。

全部供試樣區合計 49 個，有關樣區之方位、坡度及平均胸徑等資料，列於表 1、表 2、表 3。

表 1： 供試樣區之方位分布表

Table 1: The aspect of the sampling plots

地區 district	方位 aspect 數目 No	東 East	東南 South-east	南 South	西南 South-west	西 West	西北 North-west	北 North	東北 North-east
新化林場 Hsin Hua Forest Station	1	5	0	4	1	3	4	3	1
惠蔭林場 Hui Sun Forest Station	12	0	2	1	1	0	8	1	2
合計 total	13	5	2	5	2	3	12	4	3

表 2： 供試樣區坡度分布表

Table 2: The slope of the sampling plots

地區 district	slope 坡度 數目 No.					
	0°~10°	11°~15°	16°~20°	21°~25°	26°~30°	31°~40°
新化林場 Hsin Hua Forest Station	1	4	7	2	7	1
惠森林場 Hui Sun Forest Station	12	4	3	2	2	4
合計 total	13	8	10	4	9	5

表 3： 供試樣區林木平均胸徑及最大、最小胸徑（公分）

Table 3: The mean maximum diameter at breast height of tallied trees
(unit: cm)

地區或樹種 district or species	相思樹林分 acacia stand	柚木林分 teak stand	新化林場 Hsin Hua Fo- rest station	惠森林場 Hui Sun F. S.	全部供試 林分 total
平均胸徑 mean D. B. H	18.3	14.9	16.64	18.15	17.48
最小胸徑—最大胸徑 minimum-maximum D. B. H	6.0~52.0	6.0~47.5	6.0~52.0	6.2~51.0	6.0~52.0

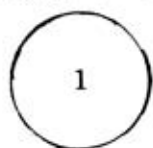
(二)試驗方法：

於各樣區中心同時實施圓形樣區法、水平樣線取樣法及水平樣點取樣法調查胸徑、株數、坡度及 BAF 等影響因子。而用於水平樣線取樣法及水平樣點取樣法之儀器，分別為胸高斷面積指數 (BAF) 為 1, 2, 3.0625, 4 m²/ha 之 Relaskop^(9, 9, 21) 及 BAF 為 10, 20 ft²/acre 之稜鏡 (prism)⁽²²⁾。(註：10 ft²/acre = 2.297255 m²/ha, 20 ft²/acre = 4.5976795 m²/ha; 為便於明示，以下均以 BAF 3 代替 3.0625, 10 代替 2.29725, 20 代替 4.5976795)。

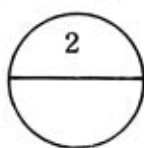
茲分述試驗方法於下：

1. 圓形樣區法⁽¹⁵⁾之樣區面積定為 0.05 公頃 (半徑 12.62 公尺)，樣區內樣木以直徑尺量測及記錄其胸徑，讀至 0.1 公分。
2. 水平樣點取樣法^(9, 9, 11, 12, 17, 19)，測者位於樣區中心，以 Relaskop 及稜鏡檢視周圍立木胸高處，計算及記錄計數木 (tree count)、臨界木 (border-line tree) 之株數；並分為如圖 2 之全樣點法 (full-point) 及半樣點法 (half-point)。

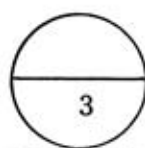
全樣點 (full-point) 半 樣 點 (half-point)



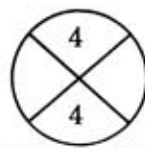
向周圍360° 檢視
樣點法- 1



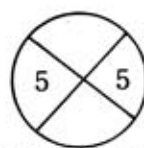
向上坡 180° 檢視
樣點法- 2



向下坡 180° 檢視
樣點法- 3



向上下坡各 90° 檢視
樣點法- 4



向左右方各 90° 檢視
樣點法- 5

圖 2 : 水平樣點取樣法之全樣點與半樣點調查圖例。

Fig 2 : Full-point and half-point sampling.

3 水平樣線取樣法^(6, 12, 13, 14)以樣區中心為始點，設定一條與等高線約略垂直，其在上、下坡之長度各 10 公尺(水平距離)之抽樣線，再沿此抽樣線以 Relaskop 及稜鏡向兩側垂直方向檢視林木；倘為計數木或臨界木，以直徑尺量測及記錄其胸徑，此時於內業計算所得之估值為樣線法- 1；再以捲尺量測及記錄各樣木與抽樣線之水平距離，供為檢視之理論修正，而於修正後所得之數值為樣線法- 2。

4 各方法每公頃胸高斷面積之推算公式：

BA：每公頃立木胸高斷面積，m²/ha。

D_i：各樣木之胸高直徑，cm。

N：樣木總株數。

(1)圓形樣區法：

$$BA = \sum_{i=1}^N \left(\frac{D_i}{100} \right)^2 \times \frac{\pi}{4} \times 20$$

(2)水平樣點取樣法：

$$BA = BAF \times N$$

(3)水平樣線取樣法：

$$BA = 12.5 \pi \times K \div L \times \sum_{i=1}^N D_i$$

本試驗抽樣線長度定為 20 公尺，即 L = 20；再將相關之角距常數(K)代入上式後得：

當 BAF = 1	m ² /ha，	BA = 0.0392699 ×	$\sum_{i=1}^N D_i$
2	m ² /ha，	BA = 0.0555358 ×	$\sum_{i=1}^N D_i$
3.0625	m ² /ha，	BA = 0.0687223 ×	$\sum_{i=1}^N D_i$
4	m ² /ha，	BA = 0.0785348 ×	$\sum_{i=1}^N D_i$

$$10 \text{ ft}^2/\text{acre}, \quad BA = 0.0595202 \times \sum_{i=1}^N Di$$

$$20 \text{ ft}^2/\text{acre}, \quad BA = 0.0842033 \times \sum_{i=1}^N Di$$

5. 各方法所得之資料，分別以 t 測驗、駢對測驗、多元迴歸等進行分析及討論。

6. 本試驗方法與台灣森林資源調查者之不同點：

(1) 與第一次台灣森林資源調查之不同點：

a. 本試驗全部供試圓形固定樣區面積均定為 0.05 ha；且胸徑 5 cm 以上之樣木均量測，以推算胸高斷面積。

b. 第一次森林資源調查則以 0.1 ha 樣區調查 30 cm 以上之製材林木，0.05 ha 樣區調查 10~30 cm 之桿材林木，0.02 ha 樣區調查 5~10 cm 之小桿材林木及竹材（此僅計算其株數）構成同心圓，再推算胸高斷面積。

(2) 與第二次台灣森林資源調查之不同點：

a. 本試驗全部水平樣法之抽樣線長度均為水平距離 20 m；倘樣區不為水平時，於換算成斜距離後設定。

b. 第二次森林資源調查之抽樣線均為斜距離 40 m，惟於內業時仍換算回適當之水平距離，再估算胸高斷面積。

三、結果分析與討論 (Analysis of results and discussion)

(一) 平均量測株數之分析：

不同調查方法於樣區或樣點所量測之樣本株數有多寡之分。一般言之，相同之調查情況下，株數較少時，可為較準確之量測，但太少時有不足以代表之慮；株數較多時，易流於馬虎不準確，甚或失去樣區代表母體之慮；故株數宜適中，具代表性。

表 4：不同方法及不同胸高斷面積指數 (BAF) 之平均株數

Table 4: The average number of trees per 0.05 ha by different methods and various basal area factors at breast height (BAF)

地區 district	方法 method	株數 No. of tree	BAF					
			1 (m ² /ha)	2 (m ² /ha)	10 (ft ² /acre)	3 (m ² /ha)	4 (m ² /ha)	20 (ft ² /acre)
新 化 林 場 Hsin Hua F. S.	樣 線 法 horizontal line sam- pling		23.36	18.32	17.14	15.00	13.05	12.27
	樣 點 法 point sampling		17.27	9.59	8.59	5.86	4.27	3.86
	樣 區 法 plot sampling		35.59					

惠 森 林 場 Hui Sun F. S.	樣 線 法 h. line sampling	40.63	30.59	28.41	24.74	21.96	20.26
	樣 點 法 point sampling	27.11	14.07	12.56	8.85	6.78	5.85
	樣 區 法 plot sampling	60.89					
合 計 tota	樣 線 法 h. line sampling	32.88	25.08	23.35	20.37	17.96	16.67
	樣 點 法 point sampling	22.69	12.06	10.78	7.51	5.65	4.96
	樣 區 法 plot sampling	49.53					

註：株數以樣區為單位，即株/0.05公頃。

樣線法即水平樣線取樣法之簡稱；樣點法即水平樣點取樣法之簡稱；樣區法即圓形樣區法之簡稱；以下各表均同此。

表 5： 樣區法、樣線法及樣點法平均量測株數之比率

Table 5 : Ratio of the tallied tress among the three methods

分 母 denominator	numerator 分 子 比 率 ratio	樣 線 法	樣 點 法	樣 區 法
		h. line sampling	point sampling	plot sampling
樣 線 法 horizontal line sampling		1	0.69~0.29	1.51~2.97
樣 點 法 point sampling		1.45~3.36	1	2.18~9.99
樣 區 法 plot sampling		0.66~0.34	0.46~0.10	1

註：同表 4。

劉宣誠氏試驗結果中樣區法株數為樣點法者之 1.5 倍以上。本試驗樣區法株數為樣點法者之 2 倍以上，為樣線法者之 1.5 倍以上。

倘純就株數求效率上之推論，當以樣點法最佳，次為樣線法，再次為樣區法。

(二)平均胸高斷面積差異之分析：

1. t 測驗：

表6：不同方法及BAF之平均胸高斷面積 t 測驗 (m²/ha)

Table 6: The t-test of the mean basal area at breast height by different methods and BAF.

地區 district	方法 method	BAF mean basal area at B.H. 平均胸高斷面積					
		1	2	10	3	4	20
新 化 林 場 Hsin Hua F. S.	樣線法 - 1 h. line sampling	△16.48	△17.87	△18.41	17.88	17.82	18.11
	" - 2	△16.43	△18.40	18.38	18.67	18.35	18.66
	樣點法 - 1 point sampling	△16.89	19.00	*19.41	17.54	16.91	17.63
	" - 2	17.14	18.27	△18.57	16.15	17.40	17.91
	" - 3	16.64	19.73	*20.24	18.93	*19.80	**20.89
	" - 4	16.45	17.00	16.59	18.07	17.47	*△19.90
	" - 5	17.32	**21.00	**22.23	*19.54	**21.68	**21.99
	樣區法 plot sampling	16.62 (13.90~19.37)					
惠 蓀 林 場 Hui Sun F. S.	樣線法 - 1 h. line sampling	△28.84	29.86	30.26	30.09	29.16	30.02
	" - 2	△28.97	31.01	30.97	31.51	31.72	31.65
	樣點法 - 1 point sampling	△26.37	27.59	28.53	26.94	26.67	30.02
	" - 2	26.52	27.16	28.40	27.34	27.85	27.89
	" - 3	26.22	28.00	28.65	26.54	25.48	*24.83
	" - 4	27.59	28.96	28.74	28.01	29.38	29.49
	" - 5	*25.15	26.22	28.31	25.86	26.00	25.25
	樣區法 plot sampling	28.65 (25.24~32.05)					

全	樣線法 — 1 h. line sampling	△23.29	24.48	24.94	24.61	24.07	24.67
	" — 2	△23.34	△25.35	25.32	25.74	25.72	25.82
部	樣點法 — 1 point sampling	△22.11	△23.73	△24.43	22.72	22.29	△22.44
	" — 2	△22.31	△23.18	23.99	22.31	23.40	23.64
供	" — 3	△21.92	24.29	24.88	23.13	23.06	23.15
	" — 4	22.59	23.59	23.28	23.78	24.36	25.57
試	" — 5	21.63	23.88	25.58	23.10	24.18	23.88
	" — 5	21.63	23.88	25.58	23.10	24.18	23.88
林	" — 5	21.63	23.88	25.58	23.10	24.18	23.88
	" — 5	21.63	23.88	25.58	23.10	24.18	23.88
分	" — 5	21.63	23.88	25.58	23.10	24.18	23.88
	" — 5	21.63	23.88	25.58	23.10	24.18	23.88
total	樣區法 plot sampling	23.25(20.48~26.02)					
	樣區法 plot sampling	23.25(20.48~26.02)					

註：① *示其平均胸高斷面積超過樣區法者 95 % 信賴區間，即顯著。

② **示其平均胸高斷面積超過樣區法者 99 % 信賴區間，即極顯著。

③ △示其變異係數低於樣區法之變異係數。

④ 樣區法平均胸高斷面積值後括號內數值為其 95 % 信賴區間之上限及下限。

就變異係數言，除 BAF = 1 及部分 BAF = 2 者外，樣線法及樣點法者均較樣區法者略高；樣點法者亦較樣線法者為高；惟差異均不大，示三者之精確度略等，而在同一方法時，隨 BAF 之增大，變異係數有增大之趨向，雖此增大之程度不大（5 % 以下），亦示隨 BAF 之不同，估值可能有所差異。

就 t 測驗言，樣線法及樣點法之估值多在樣區法 95 % 信賴區間內；樣線法與樣點法之估值亦在彼此 95 % 信賴區間內；此示三者相互代替使用應無疑義。

再者，不論在新化林場或惠森林場或全部供試林分，樣線法之估值較樣區法者均偏高；而樣點法者在新化林場呈偏高，在惠森林場則偏低，全部供試林分則略偏低。樣點法在不同地區有相反現象之原因，應是樣區地形之影響，即新化林場之地形起伏變化極大，惠森林場則起伏變化甚小；另外，新化林場林下雜草灌木甚密，且高度在 1.3 m 以上，及樹形不少為非通直者，或亦影響其估值之偏高；又，本研究供試林分雖全屬人工林，但新化林場相思樹林分已呈衰老，不少樣區中混生有小徑木，這些小徑木倘臨近樣區中心或抽樣線，則極易影響估值之偏高。

2 方法間之駢對測驗：